

# Leoniden 1995 : Fotografische resultaten.

## Resultaten van de Spanje expeditie en de Californische groep

Hans Betlem<sup>1</sup>, Olga van Mil<sup>2</sup> en Jeffrey Landlust<sup>3</sup>

1. Lederkarper 4, 2318 NB Leiden

2. Vioolveld 31, 2914 CH Nieuwerkerk a.d. IJssel

3. Kroonkruid 76, 2914 BN Nieuwerkerk a.d. IJssel

### English summary

In November 1995 the Dutch Meteor Society organised an expedition to the Spanish province of Andalusia to monitor a possible second enhanced return of the Leonid shower. 21 observers manned three Spanish stations and a fourth was equipped with Dutch cameras and manned by members of the Spanish Meteor Society. Also in the Californian Bay area a three station photographic patrol network was set up.

The visual and photographic campaigns were very successful. More than 70 meteors were photographed from two or more stations, among them about 35 Leonids and 5 alpha Monocerotids.

From 31 Leonids radiant and trajectory data could be computed and 24 of these enabled orbital computations. This article deals with the final photographic results for the Leonids. Trajectory data and radiant positions are presented. In 1995 only one rather compact radiant was active in the photographic domain. A very condensed position seems to mark the outburst component.

Key words : Leonids - Orbits - Meteor photography

### November 1995 :

#### De oogst aan simultaanopnamen

De periode rond het Leonidenmaximum in 1995 heeft een groot aantal waardevolle simultaanopnamen opgeleverd. Niet alleen de Spanje expeditie tekende voor deze successen, maar ook een uitgekiende trimultaancampagne onder coördinatie van Peter Jenniskens in Californië leidde tot uitstekende resultaten.

De simultanenlijsten van de Spanje expeditie en de Californische actie vermeldden aanvankelijk 60 resp. 14 n-multaanopnamen. Natuurlijk vallen er altijd opnamen af. Die sets blijken achteraf toch niet simultaan te zijn of hebben dermate kleine convergentiehoeken dat er geen resultaten uit te berekenen zijn. Ruwweg de helft van alle simultaanopnamen geeft uiteindelijk de mogelijkheid om een heliocentrische baan om de zon te berekenen. Naast gunstige convergentiehoeken moeten er dan ook sporen van voldoende lengte en helderheid gefotografeerd zijn, zo-



**Foto 1 :** Een van de vele Leonidentreffers uit de succesvolle fotografische simultaanactie in Spanje. Almeninilla, 18 november 1995, 1h02m47s UT. Leonide -3. Viervoudig gefotografeerd met Zafarraya, Alcudia en Chirivel. In de lijst terug te vinden als DMS 95207.

dat minimaal een twintigtal breaks nauwkeurig gemeten kunnen worden. Veel simultaanopnamen moeten met minder breaks doen, vooral bij snelle meteoren.

Van de 60 Spaanse n-multaanopnamen vallen er uiteindelijk 10 volledig af

omdat ze niet simultaan zijn of ongunstige convergentiehoeken hebben; van de Californische opnamen zijn dat er 3.

Natuurlijk zijn niet alle simultaanopnamen in November Leoniden. Er is ook een flink aantal Tauriden vastge-

legd, er zijn vijf (!) alpha Monocerotiden simultaan gefotografeerd er ook is nog een aardig aantal sporadische meteoren n-multaan gesnapt.

Uiteindelijk zijn dertig Leoniden n-multaan doorgerekend en van 24 ervan konden de banen berekend worden : Een significante bijdrage op het wereldtotaal aan nauwkeurig berekende banen in de IAU database : Daar stonden er pas 25 in.

### De verwerking

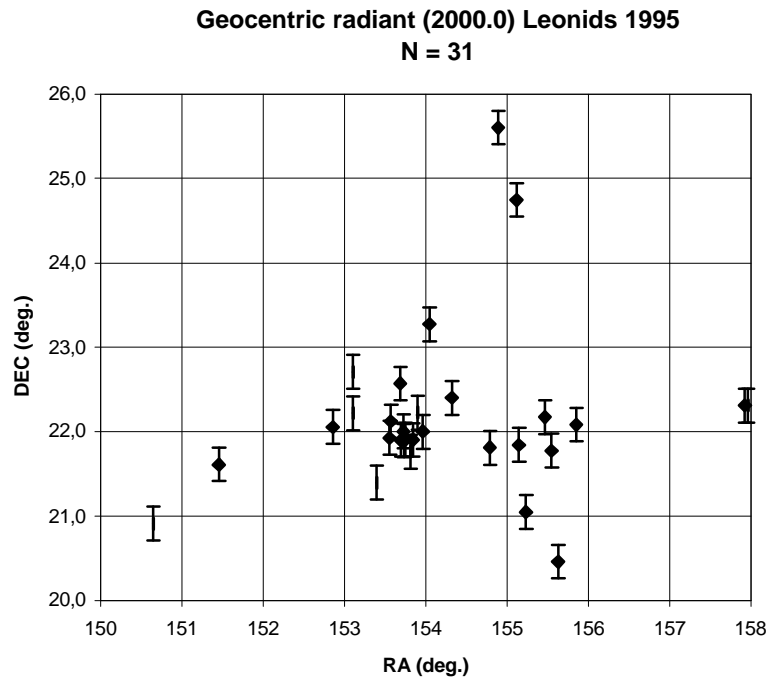
Gedurende de wintermaanden van 1995/96 werd alle fotografisch materiaal geïnventariseerd en werden de simultaanopnamen uitgezocht. Met name Casper ter Kuile heeft zich met deze selectie bezig gehouden waarbij het Simpro programma nog steeds onschatbare diensten bewijst. Medio februari stond alle materiaal op foto CD. Dankzij een genereuze bijdrage hierin van de firma Kodak Nederland kon het materiaal professioneel verwerkt worden. Fotovaklab Smits in Driebergen tekende voor de afhandeling en leverde de foto CD's binnen enkele dagen foutloos af.

Half februari werden de CD's verdeeld onder de auteurs van dit artikel en werd begonnen met het uitmeetwerk, dat zonder de hulp van het Astrorecord programma nooit zo snel afgerond had kunnen zijn. Begin mei was alle materiaal van de vijf stations in Spanje : Alcludia, Almedinilla, Zafarraya, Chirivel en Calar Alto uitgemeten. Topografische kaarten 1:20.000 werden betrokken via Pied a Terre in Amsterdam en in een sneltreinvaartje kwamen de banen uit de computer rollen.

In de tweede helft van mei arriveerden de Amerikaanse CD's van Peter Jeniskens en een week later was ook dit materiaal uitgemeten en doorgerekend. Een 175 tal negatieven is in enkele maanden tijd uitgemeten : Veel handen maken licht werk !

### Kwaliteit van het materiaal

Zoals gebruikelijk een sterk wisselende



**Figuur 1 :** Geocentrische radiantposities van 31 n-multaan gefotografeerde Leoniden. De verticale foutenbalkjes geven typische toleranties van  $\pm 0.2$  graden weer.

**Figure 1 :** Geocentric radiant positions for 31 multi station photographic Leonid meteors. Vertical errorbars represent a typical accuracy of about  $\pm$  degree.

kwaliteit aan meteoropnamen. Natuurlijk zitten er de nodige zwakke exemplaren bij. Van het overgrote deel van de simultaan gefotografeerde meteoren zijn de tijdstippen beschikbaar. Met name de grote ploeg te Almedinilla leverde relatief veel verschijningstijdstippen. Door hun hoge snelheid zijn de Leoniden niet de makkelijkste objecten om te fotograferen. Toch is het aantal simultanen Leoniden behoorlijk groot te noemen voor een zwerm met een ZHR van ongeveer 30 gedurende één nacht. Zoals al eerder opgemerkt waren de Leoniden gemiddeld redelijk helder. Er is een flink aantal zeer fraaie opnamen in het materiaal met als klapper onder de Leoniden de lange -3 die om 0h17m20s op 18 november langs de noordelijke hemel van onze Andalusische posten bewoog. Meer dan 70 breaks konden per post worden gemeten met als grootste spektakelopname die van post Zafarraya waar de meteor als een rakende

vallende ster bedekking achterlangs verwijderde bergtoppen schoof. Een flink aantal -3'en met lange sporen tekende voor de beste sets baanelementen. Een echt grote Leonide vuurbol werd alleen vanuit Californië vastgelegd. Op 18 november om 11h45m22s UT werd een exemplaar van -8 vastgelegd vanuit Henry Coe State park en vanuit San Luis Reservoir. Een schitterende set van 6 opnamen van het nalichtend spoor verscheen eerder in Radiant. Helaas is de convergentiehoek voor deze opname wat ongunstiger : ongeveer 9 graden.

### De resultaten

Tabel 1 geeft een overzicht van de berekende trajecten en radiantposities. Ook de simultaansets die uiteindelijk geen baanelementen opgeleverd hebben omdat de meteoren te zwak waren, zijn in de tabel weergegeven. Uiteindelijk zijn er nog maar weinig Leoniden radi-

anten fotografisch bepaald, zodat we deze sets wel hebben meegenomen. De correctie naar geocentrische radiant is gedaan bij een snelheidsaansname van 72,0 km/s.

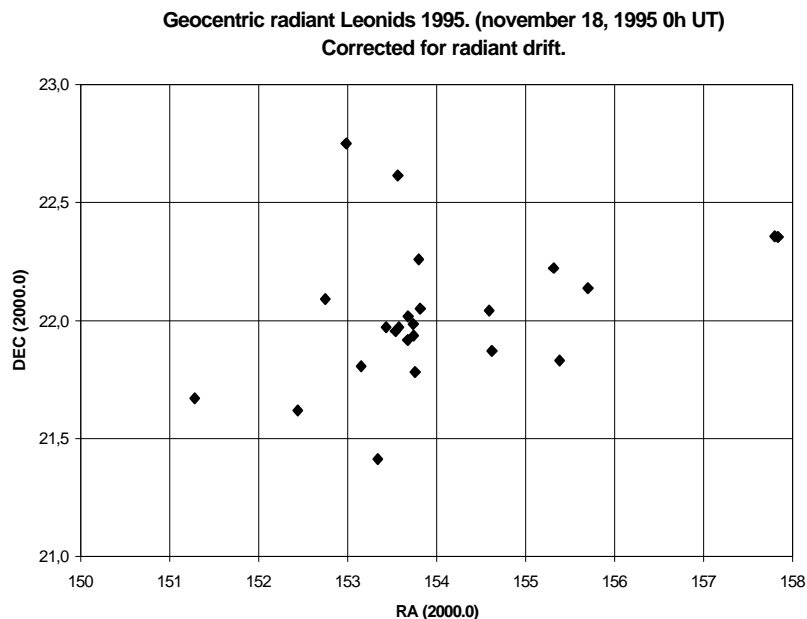
### 1. De radiantposities

De geocentrische radianten van alle sets zijn weergegeven in figuur 1.

Op een klein aantal uitschieters na liggen alle berekende radiantposities compact gegroepeerd in een gebiedje van enkele graden groot. Subradianten of subzwermen zijn uit het fotografisch materiaal zeker niet herkenbaar. Japanse videoresultaten die maar liefst twee subradianten met aanzienlijk afwijkende snelheden melden [1] kunnen met ons fotografisch materiaal zeker niet bevestigd worden.

De tabel geeft voor de 3 of 4-voudige sets ook de standaarddeviaties in de berekende rechte klimming en declinatie van de radiant. Van meteor 95314 is alleen  $\Delta RA$  gegeven; bij deze meteor is er een onzekerheid in het verschijningstijdstip. Onmiddellijk is in deze tabel ook te zien, dat de uitschieters in de radiantposities meestal terug te voeren zijn naar ongunstige convergentiehoeken. De uiteindelijk opgegeven toleranties in de gemiddelde radiant zijn dan ook een stuk kleiner wanneer deze opnamen er nog uit gehaald zouden worden. Omdat het aantal Leonidenradianten nog maar zo klein is, is dat bewust niet gedaan. De grootste afwijkingen worden gevonden in 95202, de eerste Spaanse Leonide opname: De schitterende "bergscheerder" die voor alle posten zeer laag in het noorden verscheen toen de radiant pas zeer laag boven de horizon stond. [2]

Figuur 2 geeft nogmaals de radiantposities van het 1995 DMS materiaal weer, maar nu is er voor radiantdrift gecorrigeerd. Uiteindelijk zijn alle foto's in een interval van ongeveer 3 dagen tot stand gekomen en in die periode verschuift de radiant significant. Gebruikt zijn de waarden  $\Delta RA = +0^\circ.99/\text{dag}$  en  $\Delta DEC = -0^\circ.36/\text{dag}$  [4].



**Figuur 2 :** Geocentrische radiantposities, Leoniden 1995 DMS. De radianten zijn gecorrigeerd voor radiantdrift naar November 18, 0h UT en radianten van trajecten met convergentiehoeken kleiner dan 10 graden zijn verwijderd. De radiantconcentratie bij  $RA=253^\circ.7$ ;  $DEC +21^\circ.9$  is opvallend.

**Figure 2 :** Geocentric radiantpostions, Leonids 1995 DMS. Radiant positions have been corrected for radiant drift to November 18, 0h UT and radiants from trajectories with a  $Q$  angle smaller than 10 degrees have been removed. A radiant concentration at  $RA=253^\circ.7$ ;  $DEC = +21^\circ.9$  is obvious.

Het moment waarnaar gecorrigeerd wordt is redelijk willekeurig te kiezen. Wij hebben gekozen voor 18 november 0h UT. De foutenbalkjes zijn weggelaten in figuur 2 en ook radiantposties van meteoren met een convergentiehoek kleiner dan tien graden zijn weggelaten.

De spreiding in het materiaal is nu nog minder en duidelijk valt een clustering op bij  $RA 253^\circ.7 DEC 21^\circ.9$  (2000.0). Hier zitten acht radiantposties op een kluitje minder dan een paar tienden van een graad groot. Het lijkt zinvol hierop de komende jaren te letten.

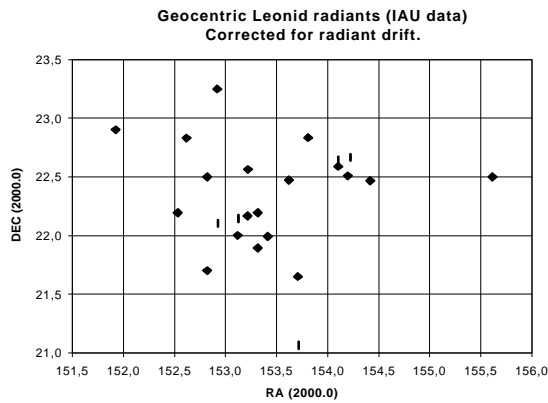
### Vergelijking met IAU data Radiantposities

Om een eventuele correlatie met uitbarstingsleden te vinden zijn de 25 radianten uit de IAU database bijeen gebracht. Omdat deze gegevens zijn voor equinox 1950.0 zijn deze eerst omge-

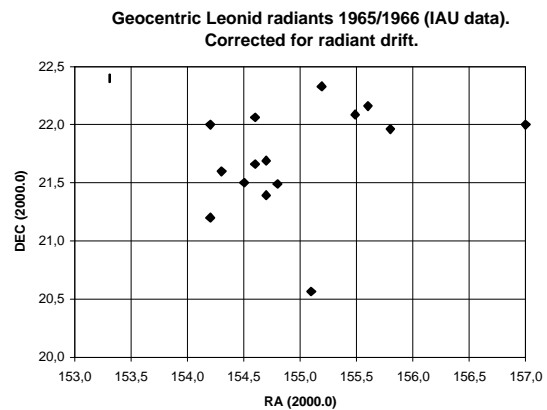
rekend naar 2000.0, evenals de zonslengten. Vervolgens zijn ook deze radiantposities voor radiantdrift gecorrigeerd naar 18 november 0h UT.

Figuur 3 toont deze radiantenspreiding. In deze data is niets terug te vinden van de radiantconcentratie die het 1995 materiaal laat zien.

Teneinde na te gaan of hier wellicht sprake is van een eerste kleine uitbarstingscomponent (die zich overigens voornamelijk in zwakke meteoren zal uiten) is uit de IAU data het 1965 en 1966 materiaal afgezonderd. 1965 is vertegenwoordigd met 12 banen; 1966 (de grote storm die zoveel fraaie meteorfoto's voortbracht) slechts met vier! Een extra probleem is de onnauwkeurigheid in de IAU data. Met name de zonslengten worden slechts gegeven op tienden van graden (ruim twee uur onzekerheid in tijdstip) en het is zeer de



**Figure 3 :** Radiantpositions Leonids. IAU data 1938-1980 ( $N=25$ ). Values from the IAU database are transferred to 2000.0 and corrected for radiant drift to 1995 november 18, 0h UT..



**Figure 4 :** Radiantpositions Leonids. IAU data 1965-1966. The same corrections as for fig. 3 are used. There is no concentrations of radiant positions as is shown in the 1995 DMS data.

vraag of van de gefotografeerde meteoren de tijdstippen wel vastgelegd zijn. Hiermee staat of valt elke analyse aan radiantposities.

Figuur 4 laat het 1965 en 1966 plaatje zien. Er is zeker geen clustering zoals in het 1995 materiaal. Wel zijn twee groepen zichtbaar, maar vanwege de grote foutenmarges in het basismateriaal is zelfs hiervan niets te zeggen. De radiantconcentratie in het 1995 fotografisch materiaal is nog niet eerder vastgelegd en vraagt om verder onderzoek. Met name ons eigen videomateriaal uit de maximumnacht van de Leoniden bevat nog een schat aan informatie.

## Conclusies

Het gaat erom spannen, de komende jaren met de Leoniden. Dat de uurfrequenties omhoog zullen gaan is een evident gegeven [3] maar wanneer er substromen zichtbaar gaan worden is nog de grote vraag.

Gezien de grote nauwkeurigheid zal fotografie de aangewezen weg zijn om de "nieuwe" piek te gaan traceren. In het 1995 materiaal was deze mogelijk in de vorm van een clustering van een achttal radianten in een heel klein gebied al aanwezig..

Het zal dan ook duidelijk zijn, dat DMS de komende jaren expedities rond het Leonidenmaximum zal blijven

organiseren. Voor 1996 en wellicht ook 1997 -de vrijwel volle maan ten spijt- zal de fotografie een van onze belangrijkste technieken blijven.

Dat daardoor deze expedities vele malen gecompliceerder en kostbaarder worden, moeten we dan maar voor lief nemen. Er zijn inmiddels al weer de nodige activiteiten ondernomen om ook in 1996 een Spaanse expeditie te kunnen organiseren met een complete fotografische inzet.

In een vervolgartikel zullen we de berekende baanelementen van de 1995 Leoniden presenteren, zoveel mogelijk in combinatie met het nu in bewerking zijnde videomateriaal.

## Referenties

- [1] Shigeno, Y.; Shioi, H.: WGN **24** (1995), 37
- [2] Betlem, H.; van 't Leven, J.; Nijland, J.: Radiant **17** (1995) 131-149
- [3] Jenniskens, P.: Meteoritics and Planetary Science **31** (1996) 177-184.
- [4] Jenniskens, P.: (1988) Visueel Handboek Dutch Meteor Society.

## Fotografisch werk : Alles is af !!

Een situatie die zich sinds het begin van DMS nog niet heeft voorgedaan : Er ligt geen fotomateriaal ter reductie meer op de plank !

Met het uitmeten en doorrekenen van het Lyriden 1996 materiaal is de voorraad uitgeput. 635 banen en trajecten zitten inmiddels in de DMS fotografische database, het enige banenbestand ter wereld overigens, waarin de foutenmarges in alle grootheden zijn opgegeven.

Een deel van het materiaal (359 banen) met een diepere analyse van Perseïden en Geminiden is ter publicatie aan *Astronomy and Astrophysics* aangeboden. Dit databestand kunt U downloaden vanaf de DMS anonymous FTP site op de Leidse Sterrenwacht, ondermeer via onze WWW page te bereiken.

De rest van het materiaal (276 banen) bevat een schat aan gegevens waarmee nog afzonderlijke publicaties gemaakt gaan worden alsvorens ook deze data in IAU database en FTP site zullen verschijnen. Het materiaal bevat ondermeer nauwkeurige banen van de Boötiden, uitbarstingsbanen van Perseïden 1993 en 1994 (ruim 150 banen!) en de banen van de Leoniden 1995. De gestage stroom DMS publicaties in A&A lijkt voorlopig nog niet be-eindigd.

Code	V g	V h	V inf	<V>	[+/-]	H beg	H end	RA	[+/-]	DEC	[+/-]	RA Geo	Dec Geo	Q max
95301	71,0	41,7	72,2	71,7	0,3	114,8	102,3	152,63		22,40		153,11	22,22	13,0
95302	71,3	42,1	72,5	71,5	1,4	112,5	98,9	153,23		22,24		153,57	22,12	6,5
95303	70,3	41,2	71,5	71,2	0,4	113,1	91,9	154,01	0,22	22,50	0,15	154,32	22,40	7,8
95202	71,0	42,3	72,2	71,7	0,3	117,5	90,4	154,58	0,52	25,00	0,76	155,12	24,75	2,2
95207	70,4	41,1	71,6	71,2	0,5	114,1	94,4	153,31	0,05	22,17	0,01	153,72	22,00	34,2
95212	70,1	40,8	71,3	71,2	0,5	113,4	101,6	153,43	0,01	21,92	0,04	153,81	21,76	34,7
95213	71,1	41,8	72,3	71,9	0,3	114,2	90,7	153,34	0,08	22,05	0,12	153,73	21,90	21,3
95214	70,4	41,1	71,6	71,6	0,2	113,7	95,1	153,06	0,22	21,83	0,27	153,39	21,39	34,8
95216	70,7	41,5	71,9	71,5	0,5	111,1	100,4	153,70		22,30		153,90	22,22	20,9
95217	70,7	41,5	71,9	71,2	0,5	108,8	92,9	153,62	0,45	22,00	0,28	153,84	21,90	11,0
95218						107,0	99,7	154,72		25,66		154,89	25,60	11,5
95219	70,9	41,6	72,1	72,0	0,4	111,1	99,8	152,68	0,21	22,13	0,05	152,85	22,05	20,6
95220	70,7	41,7	71,9	71,7	0,7	107,3	94,9	153,91		23,35		154,04	23,27	10,9
95221	71,1	41,8	72,2	71,4	0,4	108,7	95,5	153,45	0,03	22,00	0,04	153,56	21,93	65,3
95222	70,4	41,3	71,6	71,3	0,7	111,7	93,5	153,56	0,12	22,65	0,50	153,69	22,57	20,8
95224	71,8	42,5	72,9	69,3	0,8	107,4	87,0	152,99		22,76		153,11	22,71	19,4
95225						107,5	100,7	157,82		22,37		157,96	22,31	44,5
95228	71,1	42,3	72,2	71,8	1,2	110,8	97,7	157,82		22,37		157,93	22,31	26,0
95229						110,0	97,8	153,93		22,06		153,96	22,00	50,8
95231	71,7	42,6	72,8	71,7	0,9	108,7	94,1	155,45		22,23		155,47	22,17	21,4
95232	71,6	42,5	72,7	72,1	0,2	107,0	96,4	155,83	0,01	22,15	0,03	155,85	22,08	40,2
95233	71,3	42,0	72,4	71,8	0,8	111,5	91,9	153,72	0,08	21,95	0,05	153,69	21,90	76,1
95234	71,1	42,0	72,2	72,1	2,4	110,3	93,8	155,57		21,83		155,54	21,77	36,5
95235						112,6	99,9	151,52		21,66		151,45	21,61	25,1
95236						110,1	100,5	154,83		21,86		154,79	21,81	41,8
95238	70,8	41,6	71,9	71,4	1,5	113,1	94,0	153,82		21,96		153,75	21,91	61,9
95312	69,9	40,3	71,0	70,9	1,0	112,8	84,6	150,68		20,96		150,64	20,91	8,6
95314	69,8	40,6	70,8	69,8	1,5	108,6	94,2	155,36	1,20	21,91		155,14	21,84	10,6
95237						109,0	98,6	155,07		21,13		155,23	21,05	17,8
95248						115,1	99,5	155,88		20,53		155,63	20,46	50,9
Mean								154,12		22,27		154,26	22,16	
St.Dev.								1,55		0,99		1,52	0,98	

**Tabel 1 :** Snelheden , radiantposities en convergentiehoeken voor alle berekende simultane Leoniden 1995. De opnamen zijn op zonslengten gesorteerd. De Spaanse opnamen hebben serienummers 200, de Californische 300. Radiantposities zijn gegeven voor equinox 2000.0.  $\pm$  waarden in de radiantposities zijn gegeven voor opnamen met drie of meer componenten.

**Table 1 :** Velocities, radiant positions and intersection angles for all computed multi station 1995 Leonids. The data are sorted on solar longitude. Spanish images have ##200 serial numbers ; the Californian images have ##300 serial numbers. Radiant positions are given for equinox J2000.0.  $\pm$  values in radiant positions are given for meteors with 3 or more components.